

EXPÉRIENCES SUR LA PHYSIOLOGIE  
DE LA REPRODUCTION  
CHEZ *TETRANYCHUS NEOCALEDONICUS* ANDRÉ  
(ACARIENS : *TETRANYCHIDAE*) ET CONSÉQUENCES  
SUR LES POSSIBILITÉS DE LUTTE AUTOCIDE

J. GUTIERREZ

Laboratoire d'Entomologie,  
Centre O. R. S. T. O. M. de Tananarive

---

RÉSUMÉ

Quatre séries d'expériences sur *T. neocaledonicus*, utilisant un marqueur génétique; permettent de penser que la physiologie de la reproduction de ce tétranyque est très proche de celle de *T. urticae*. Les doubles fécondations paraissent cependant encore moins fréquentes que chez *T. urticae*, en laboratoire et à peu près impossibles dans les conditions naturelles.

Une série d'essais de lutte par stérilisation des mâles aux rayons  $\gamma$  et un essai de lutte génétique *sensu stricto*, ont été ensuite entrepris. Les résultats se révèlent intéressants et soulignent l'importance de la compétitivité des mâles. L'introduction de mâles incompatibles a quelquefois des effets spectaculaires, mais cette opération nécessite, en général, des recherches préliminaires complexes. Il est conclu qu'en pratique, la technique de l'utilisation des mâles stériles, par sa mise en œuvre rapide, peut rendre davantage de services que la lutte génétique au sens strict.

---

INTRODUCTION

Depuis les travaux de BLAUVELT (1945), on sait que l'appareil génital des femelles de *Tetranychidae* comprend 2 ovaires réunis en un seul sac, un oviducte unique, un vagin et une vésicule séminale. Du fait de leur petite taille, la disposition exacte de ces organes était demeurée mal connue jusqu'à une date récente, tandis que le mécanisme de la fécondation des œufs est encore l'objet d'hypothèses.

On a longtemps cru que le réceptacle séminal était relié à la partie postérieure du vagin par l'intermédiaire d'un canal étroit (BLAUVELT, 1945; ANWARULLAH, 1963; DOSSE et LANGENSCHIEDT, 1964). C'est VAN EYNDHOVEN (communications person-

nelles citées par HELLE, 1967, puis par SMITH et BOUDREAUX, 1972), qui, le premier, observa chez plusieurs espèces de *Tetranychidae*, l'unique canal reliant le réceptacle séminal à l'extérieur et aboutissant à un pore distinct de l'orifice génital.

L'observation de VAN EYNDHOVEN a été confirmée, à l'aide de coupes histologiques par SMITH et BOUDREAUX (1972) sur 5 espèces de *Tetranychini* dont *Tetranychus urticae* KOCH et *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ. Les mêmes auteurs pensent que lors de la copulation, le mâle insère son édeage dans le pore cité précédemment ; à la suite d'autoradiographies de femelles de *T. neocaledonicus* accouplées à des mâles dont le sperme a été préalablement marqué par un traceur radioactif, ils émettent l'hypothèse suivant laquelle les spermatozoïdes quittent la spermathèque et se déplacent dans l'hémolymphe jusqu'aux ovaires où ils fécondent les oocytes.

La connaissance des processus de la fécondation chez les tétranyques, nous paraît extrêmement importante dans la perspective de l'utilisation des techniques de lutte autocide (FÉRON, 1963) ou de l'emploi, peut-être plus immédiat, des chimio-stérilisants. Le mode de reproduction de ces acariens par parthénogenèse arrhénotoque, favorise particulièrement le développement des phénomènes de résistance aux acaricides (HELLE, 1965 et 1968) et l'on ne doit négliger aucun des moyens d'intervention qui nous sont offerts.

Si morphologiquement les appareils génitaux des femelles de *T. urticae* et de *T. neocaledonicus*, sont relativement voisins, nous avons pensé que du point de vue physiologique, il pourrait y avoir des différences entre ces deux espèces. *T. neocaledonicus* se reproduit de façon continue en zone intertropicale, alors que *T. urticae* est une espèce de pays tempéré, dont le cycle annuel présente une période de diapause plus ou moins longue. *T. neocaledonicus* a aussi une particularité qui n'existe pas chez *T. urticae* : le rythme de ponte des femelles fécondées est différent de celui des femelles vierges (GUTIERREZ, 1967 ; GUTIERREZ et VAN ZON, 1972).

HELLE (1967) a publié une série d'expériences sur la fécondation chez *T. urticae* et cet auteur a abouti à un certain nombre de conclusions : il a notamment prouvé que la fécondation des oocytes se produisait dès les premiers stades de leur développement et que, dans la majorité des cas, seule la première copulation était efficace.

A partir du moment où nous disposions d'un marqueur génétique pour *T. neocaledonicus* (mutation trouvée par A. Q. VAN ZON en 1967 — non publié), nous pouvions reproduire sur cette espèce les expériences déjà réalisées sur *T. urticae*.

Nous avons, dans un premier temps, repris en les complétant, les expériences effectuées par HELLE (1967), de façon à procéder à une comparaison précise de la physiologie de la reproduction chez ces 2 espèces, puis nous avons entamé une série d'essais visant à exploiter, chez *T. neocaledonicus*, les possibilités de lutte entrevues.

## I. — MATÉRIEL, ET CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

### A. — Souches

Nous avons utilisé 2 souches de *T. neocaledonicus* :

— l'une provient de Madagascar : Ihosy, alt. 750 m, où elle a été prélevée sur *Gossypium hirsutum* L. ;

— l'autre provient de Louisiane (U. S. A.) : Bâton Rouge, où elle a été élevée pendant plusieurs années sur *Phaseolus* sp.

A partir de la souche Louisiane « wild », A. Q. VAN ZON, du Laboratoire d'Entomologie appliquée de l'Université d'Amsterdam, a obtenu, en 1967, la mutation « white eye ». Les individus marqués ont la particularité d'avoir les yeux non pigmentés tandis que l'hémolymph a une pigmentation normale. Cette mutation étant récessive, le génotype des femelles « white eye » est désigné par  $WeWe$ , celui des mâles par  $We$ , tandis que les individus « wild » correspondants ont le génotype  $We^+We^+$  et  $We^+$ .

#### B. — Conditions générales des essais

Deux techniques d'élevage ont été employées : élevage dans des logettes en plexiglas (GUTIERREZ, 1967) et élevage sur des feuilles détachées isolées (VAN ZON et HELLE, 1967).

Nous avons utilisé comme matériel végétal, des feuilles terminales de cotonnier, obtenues à partir d'une culture hydroponique en bacs à niveau constant, selon la technique de BRAUD (1967). Les expériences et les élevages ont été suivis dans une salle où la température était maintenue aux environs de 25°C, tandis que l'hygrométrie ambiante variait de 60 à 70 p. 100.

## II. — EXPÉRIENCES SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

### A. — Détermination de l'intervalle de temps s'écoulant entre l'accouplement et la ponte d'œufs fécondés

#### 1. Matériel et méthodes.

— Matériel : souche Ihosy et souche Louisiane du type « wild ».

— Méthode : sur une feuille détachée de cotonnier, nous avons élevé 150 œufs non fécondés, obtenant ainsi près de 150 jeunes mâles. Parallèlement à cette opération, nous avons prélevé sur chacune de nos souches 54 teliochrysalides ( $R_3$ ) destinées à donner des femelles, que nous avons déposées individuellement dans une logette en plexiglas. Les  $R_3$  ont donné des femelles, qui lorsqu'elles avaient 3 ou 4 jours, ont été déposées chacune à leur tour sur la feuille isolée supportant les mâles. L'accouplement s'est produit immédiatement, et, sitôt terminé, les femelles ont été replacées isolément dans une logette. L'heure exacte de la fin de l'accouplement a été notée pour chaque femelle. Nous avons laissé séjourner les femelles pendant 2,5 heures dans une première logette, avant de les transférer dans une seconde logette, pour une durée de 1,5 heure, puis dans une troisième pour 3,5 heures et enfin, dans une quatrième pour 16,5 heures.

Les œufs déposés par les femelles dans les différentes logettes, ont été ensuite élevés, de façon à déterminer le sexe de la descendance, c'est-à-dire, en fait de manière à savoir si les œufs avaient été fécondés ou non.

#### 2. Résultats et discussion (tabl. 1).

Pour les 2 souches, les premiers œufs fécondés sont déposés entre 4 et 7,5 heures après la copulation. La proportion d'œufs fécondés, constatée habituellement pendant les premiers jours de ponte des jeunes femelles, n'apparaît que 7,5 heures après l'accouplement.

La légère différence observée entre les 2 souches, provient simplement du fait

que chacune d'elles a son propre rythme de ponte. Nous avons déjà remarqué (GUTIERREZ et VAN ZON, 1973), que dans des conditions identiques et sur cotonnier, la souche Louisiane pondait légèrement moins que la souche Ihosy.

TABLEAU I

*Nombre d'œufs haploïdes (mâles) et diploïdes (femelles), obtenus à partir de femelles fécondées des souches Ihosy et Louisiane, déposés à différents intervalles de temps après la copulation*

Le nombre N indique le nombre de femelles testées

Intervalle de temps (en heures) après la copul.	Composition de la descendance					
	Souche Ihosy N = 45			Souche Louisiane N = 48		
	Nombre de ♂	Nombre de ♀	% de ♀	Nombre de ♂	Nombre de ♀	% de ♀
0-2,5	20	0	—	15	0	—
2,5-4	18	0	—	11	0	—
4-7,5	41	28	41	31	5	14
7,5-24	74	255	78	53	164	76

Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus par HELLE, on s'aperçoit qu'il n'y a pas de différence entre *T. urticae* et *T. neocaledonicus*, du point de vue de l'intervalle de temps s'écoulant entre l'accouplement et le dépôt d'œufs fécondés.

B. — *Existe-t-il un processus de blocage des spermatozoïdes, à la suite du premier accouplement ?*

1. *Matériel et méthode.*

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : de jeunes femelles vierges, du type « white eye » (WeWe), sont présentées successivement à des mâles du type « white eye » (We), puis à des mâles du type « wild » (We<sup>+</sup>). L'étude de la composition de la descendance des femelles, doit permettre de décider s'il y a blocage des spermatozoïdes à la suite du premier accouplement.

Comme pour *T. urticae*, le premier accouplement se fait presque immédiatement après le dépôt de la femelle, mais le second présente souvent des difficultés. Nous avons fait varier l'intervalle de temps s'écoulant entre les deux opérations, de 5 minutes à 5 jours. Remarquons tout de suite, que nous avons pu obtenir des accouplements successifs plus rapprochés que chez *T. urticae* où l'intervalle minimum entre 2 copulations est de 20 minutes.

En pratique, nous disposions de 2 feuilles de cotonnier détachées, sur lesquelles

se trouvaient 20 jeunes mâles « white eye » pour l'une et 20 jeunes mâles « wild » pour l'autre.

Cinquante jeunes femelles ont été déposées successivement au milieu des mâles « white eye », puis au milieu des mâles « wild », enfin élevées chacune séparément sur une feuille isolée de façon à étudier la composition de leur descendance.

## 2. Résultats et discussion.

Tous les descendants mâles ont le type maternel « white eye ». La composition de la descendance femelle est indiquée, tableau 2.

TABLEAU 2

*Composition de la descendance femelle de femelles « white eye » (WeWe),  
accouplées successivement avec des mâles « white eye » (We)  
puis avec des mâles « wild » (We<sup>+</sup>),  
différents intervalles de temps s'écoulant entre les 2 opérations*

Intervalle de temps écoulé entre les 2 accouplements	Nombre de ♀ testées	Nombre de ♀ dont la descendance ♀ est homogène	
		Type WeWe	Type We <sup>+</sup> We <small>(1/2 de 15-1)</small>
5 mn	5	4	1
10 mn	5	4	1
20 mn	6	6	0
30 mn	1	1	0
40 mn	2	2	0
1 h	5	5	0
1 h 30	4	4	0
2 h	6	5	1
24 h	5	4	1
5 jours	7	6	1
Totaux	46	41	5

Comme pour *T. urticae*, les modifications de l'intervalle de temps séparant les 2 accouplements, semblent avoir peu d'influence sur le succès ou l'échec de la seconde copulation.

Une différence très importante apparaît cependant, les filles provenant d'une même femelle ont toutes le même phénotype, si bien qu'il semble que sur les 2 accouplements, un seul soit susceptible de réussir et d'entraîner la fécondation.

Sur les 50 femelles initiales, 4 ont été perdues au cours des manipulations ou

sont mortes sans avoir pondu, les 46 autres ont pondu une cinquantaine d'œufs, en moyenne. Pour 41 femelles, tout se passe comme si, seule la première fécondation était intervenue. Pour les 5 autres, il semble qu'en réalité, le premier accouplement n'ait été qu'apparent, seul le second a entraîné la fécondation et la formation de femelles hétérozygotes  $We^+We$ .

Nous pensons que c'est le fait de prendre de très jeunes femelles, qui nous a permis d'obtenir des accouplements successifs plus rapprochés que chez *T. urticae*, HELLE prenant des femelles âgées de 3 jours. L'homogénéité de la descendance femelle, qui n'apparaît pas chez *T. urticae*, laisse supposer l'existence d'un facteur empêchant toute fécondation à la suite d'une copulation réussie.

Nous avons complété cette expérience par un essai permettant d'éviter une appréciation erronée de la valeur du premier chevauchement.

Sur une feuille isolée, au milieu de 30 jeunes femelles vierges, du type « white eye » ( $We We$ ), nous avons déposé 10 jeunes mâles « white eye » ( $We$ ), ce qui correspond sensiblement à la proportion des représentants des 2 sexes dans la nature.

Nous avons laissé les tétranyques s'accoupler pendant 4 heures, puis nous avons retiré les mâles. Vingt-quatre heures après le début de cet essai, nous avons déposé sur la feuille, 10 autres jeunes mâles du type « wild » ( $We^+$ ), nous avons laissé les acariens s'accoupler pendant 6 heures, puis nous avons retiré ces mâles. Nous avons ensuite élevé les femelles comme précédemment, sur feuilles isolées pour étudier la composition de leur descendance femelle.

Nous avons effectué cette expérience 2 fois et les résultats sont indiqués tableau 3.

TABLEAU 3

*Composition de la descendance femelle de femelles « white eye » ( $WeWe$ ), accouplées successivement avec des mâles « white eye » ( $We$ ) puis avec des mâles « wild » ( $We^+$ ), à 24 heures d'intervalle*

	Nombre de ♀ testées	Nombre de ♀ noyées ou mortes sans ponte	Nombre de ♀ dont la descendance ♀ est homogène	
			Type $WeWe$	Type $We^+We$
1 <sup>er</sup> essai	30	5	24	1
2 <sup>e</sup> essai	30	3	26	1

Nous avons confirmation de l'expérience précédente, en ce sens que les filles provenant d'une même femelle ont toutes le même phénotype. Le premier accouplement a pratiquement entraîné toutes les fécondations, excluant les tentatives de fécondation de la part des mâles  $We^+$ . On peut considérer que la proportion d'échecs n'est alors que de l'ordre de 4 p. 100 (1/24 et 1/26).

C. — Détermination du nombre de femelles  
susceptibles d'être fécondées par un seul mâle

1. Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et souche marquée qui en dérive.

— Méthode : un jeune mâle « white eye » (We), sorti un jour auparavant est mis en présence d'une série de jeunes femelles « white eye » (WeWe), pendant 2 jours de suite. Sitôt la copulation terminée, les jeunes femelles sont déposées au milieu d'un grand nombre de mâles « wild » (We+). On examine ensuite la composition de la descendance femelle des jeunes femelles.

En pratique, on dispose de 2 feuilles détachées de cotonnier avec, sur l'une un seul mâle « white eye » isolé depuis sa sortie et sur l'autre 20 mâles « wild » également isolés depuis leur sortie. On dépose une jeune femelle vierge sur la première feuille, la fécondation se produit assez rapidement, on note l'heure de la fin de la copulation et la jeune femelle est reprise pour être déposée au milieu des mâles « wild ». Après le second accouplement, la jeune femelle est élevée sur une feuille isolée. Une seconde jeune femelle subit alors le même sort et ainsi de suite, jusqu'à ce que le mâle « white eye » testé, devienne apparemment indifférent à l'attractivité sexuelle des femelles. Vingt-quatre heures après le début de cette expérience, on recommence la même opération, en présentant au même mâle une nouvelle série de jeunes femelles.

2. Résultats et discussion (tabl. 4).

Nous avons testé de façon identique 4 mâles. Le nombre de femelles fécondées varie légèrement d'un mâle à l'autre et est généralement plus faible le second jour. Nous avons pu croiser, au maximum, 10 femelles avec le même mâle en 1 heure 50 minutes.

Sur les 59 jeunes femelles que nous avons élevées : 4 sont mortes sans avoir pondu, 42 avaient uniquement des filles « white eye », 4 uniquement des filles « wild » hétérozygotes, 9 enfin, avaient à la fois des filles du type « wild » et du type « white eye ».

L'analyse de la descendance d'une même femelle, fait apparaître pour la première fois, dans cette série d'essais, un mélange de femelles des 2 types, ce qui prouve qu'il n'y a pas de « barrière » entraînant le blocage des spermatozoïdes à la suite du premier accouplement.

Comme chez *T. urticae*, les doubles fécondations apparaissent, soit accidentellement (femelle 2, du mâle III), soit par suite de l'épuisement du mâle « white eye » testé. Cet épuisement plus rapide et plus fréquent le second jour, peut conduire à l'inefficacité complète du premier accouplement.

Le nombre de femelles fécondées le premier et le second jour est du même ordre que chez *T. urticae*. On doit remarquer cependant que le nombre de succès du premier accouplement est plus élevé pour *T. neocaledonicus* (76,4 p. 100) que pour *T. urticae* (55,6 p. 100).

En réalité, les accouplements ne se produisent jamais à ce rythme puisque dans une colonie de tétranyques, les mâles fécondent les femelles au fur et à mesure de leur sortie. Étant donnée la proportion de mâles, il y a souvent plusieurs mâles autour d'une même téliochrysalide.

Pour étudier les possibilités de doubles fécondations dans des conditions plus naturelles, nous avons effectué une quatrième expérience.

TABLEAU 4

*Test d'épuisement de 4 mâles « white eye » :*  
*étude de la descendance de jeunes femelles « white eye » (WeWe),*  
*présentées successivement à un mâle « white eye » (We) et à plusieurs mâles « wild » (We+)*

♀ N°	Mâle I						Mâle II					
	1 <sup>er</sup> jour			2 <sup>e</sup> jour			1 <sup>er</sup> jour			2 <sup>e</sup> jour		
	Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>		Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>		Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>		Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>	
		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We
1	14 30	100	0	14 20	100	0	15 00	100	0	15 00	100	0
2	15 00	100	0	14 30	100	0	15 10	100	0	15 20	100	0
3	15 30	100	0	14 50	100	0	15 30	100	0	15 40	Sans ponte	
4	15 40	100	0	15 05	44	56	15 40	100	0	16 15	100	0
5	15 50	100	0	15 30	100	0	15 45	100	0	16 20	33	67
6	16 40	100	0	15 40	0	100	16 00	Sans ponte		16 45	20	80
7	17 00	100	0				16 10	100	0			
8	17 10	100	0				16 40	100	0			

♀ N°	Mâle III						Mâle IV					
	1 <sup>er</sup> jour			2 <sup>e</sup> jour			1 <sup>er</sup> jour			2 <sup>e</sup> jour		
	Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>		Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>		Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>		Heure de copul.	% de ♀ en F <sub>1</sub>	
		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We		WeWe	We+We
1	15 00	100	0	14 45	100	0	15 00	100	0	14 50	100	0
2	15 20	23	77	15 00	6	94	15 20	100	0	15 00	100	0
3	15 40	100	0	15 10	Sans ponte		15 40	Sans ponte		15 15	100	0
4	16 05	100	0	15 15	100	0	15 55	100	0	15 35	100	0
5	16 15	100	0	15 30	100	0	16 05	100	0	16 10	15	85
6	17 20	0	100	15 40	0	100	16 15	100	0	17 05	33	67
7				15 55	100	0	16 30	100	0	17 20	7	93
8				17 15	0	100	16 40	36	64			
9							16 45	100	0			
10							16 50	100	0			



## D. — Détermination du taux naturel de doubles fécondations

## 1. Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : de jeunes femelles « white eye », élevées en même temps qu'un nombre équivalent de femelles du type « wild » sont mises en présence de mâles « wild » et de mâles « white eye ». Les proportions de tétranyques des deux sexes correspondent à celles que l'on trouve normalement dans la nature. Les accouplements se produisent à un rythme et dans un sens non imposés.

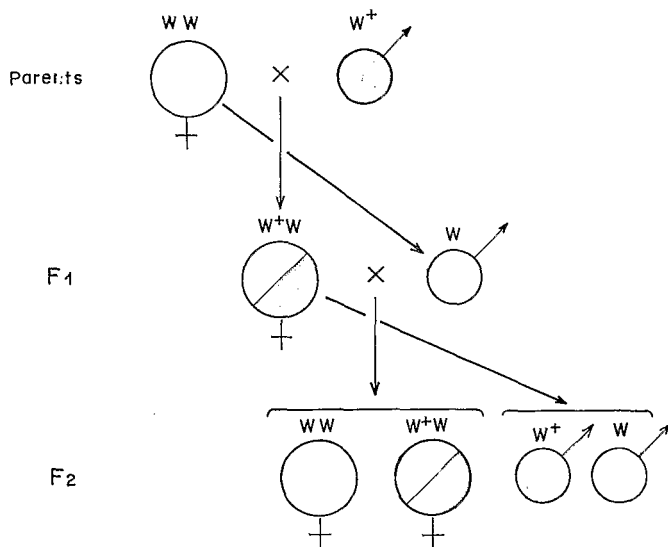


FIG. 1. — Composition des générations successives précédant la population (F<sub>2</sub>) dont la descendance est analysée au cours de l'essai n° 4

A partir d'un croisement : femelles « white eye » (WeWe) × mâles « wild » (We<sup>+</sup>), on obtient une F<sub>1</sub> composée de femelles hétérozygotes à phénotype « wild » (We<sup>+</sup>We) et de mâles parthénogénétiques « white eye » (We).

La F<sub>2</sub> entraîne la ségrégation des caractères : nous obtenons des femelles « white eye » (We We) et des femelles « wild » (We<sup>+</sup>We), en même temps que des mâles « white eye » (We) et « wild » (We<sup>+</sup>). Nous avons schématisé, figure 1, la composition des générations successives permettant d'obtenir cette F<sub>2</sub> dont on étudie la descendance.

Pour la réalisation de ces opérations, on laisse pondre 40 femelles « white eye » fécondées au préalable par 20 mâles « wild », de façon à obtenir environ 300 œufs. On obtient ainsi 240 femelles « wild » (We<sup>+</sup>We) et 51 mâles « white eye » (We). Une ponte de moins de 24 heures de ces femelles hétérozygotes nous permet d'obtenir environ 500 œufs. L'élevage groupé de ces œufs nous donne, en même temps qu'un grand nombre de femelles, 52 mâles « wild » (We<sup>+</sup>) et 54 mâles « white eye » (We). Quelques téliochrysalides femelles trop précoces ou trop tardives sont détruites. Deux jours après leur sortie, on prélève 100 femelles du type « white eye » que l'on élève chacune séparément sur une feuille isolée de façon à étudier la composition de leur descendance.

## 2. Résultats et discussion (tabl. 5).

Sur les 100 femelles, 2 ont été perdues au cours des manipulations et 3 sont mortes sans avoir pondu. Les 95 femelles restantes ont déposé, en moyenne, 40 œufs chacune et nous avons examiné les femelles obtenues à partir de ces œufs.

TABLEAU 5

*Composition de la descendance femelle, de femelles « white eye » ( $WeWe$ ), fécondées par une population mâle comprenant à la fois des individus « white eye » ( $We$ ) et des individus « wild » ( $We^+$ )*

Composition de la descendance	Femelles dont la descendance est étudiée			
	Nombre en valeur absolue	P. 100 obtenu	P. 100 théorique en cas de complète ségrégation	P. 100 théorique en cas de double insémination
Uniquement formée de ♀ $We^+We$	42	44,2	49,1	24,1
Uniquement formée de ♀ $WeWe$	53	55,8	50,9	25,9
Combinaison de ♀ $We^+We$ et $WeWe$	0	0,0	0,0	50,0

42 femelles n'ont que des filles hétérozygotes ( $We^+We$ ) et 52 femelles uniquement des filles « white eye » ( $WeWe$ ). Pour aucune femelle nous n'avons observé le mélange des 2 types de filles.

Sur le tableau 5, nous avons comparé les pourcentages obtenus aux pourcentages théoriques, en cas de ségrégation complète, et en cas de double insémination. Les valeurs obtenues permettent de constater que, dans les conditions de cet essai, nous avons eu complète ségrégation. Il apparaît également que les femelles « white eye » ont été fécondées indifféremment par des mâles « white eye » ou par des mâles « wild ».

Dans l'expérience similaire tentée sur *T. urticae*, quelques femelles avaient une descendance mixte (3 sur 97), si bien que 3,1 p. 100 des femelles avaient subi effectivement une double insémination, chiffre qui aurait pu atteindre la valeur de 49,6 p. 100 en cas de double insémination généralisée.

Les doubles fécondations ne sont, par conséquent, pas absolument impossibles chez *T. neocaledonicus* mais le phénomène ne se produit que dans des conditions artificielles.

Si l'on veut résumer les résultats des 4 expériences précédentes, il apparaît que pour *T. neocaledonicus*, comme pour *T. urticae*, les pontes d'œufs fécondés débutent très rapidement après l'insémination (expérience 1). En outre, comme chez *T. urticae*, un seul mâle a la possibilité de féconder 5 à 10 femelles en un intervalle relativement bref, de 2 à 3 heures (expérience 3).

Les expériences 2 et 4 montrent que les doubles fécondations ne se produisent pratiquement jamais chez *T. neocaledonicus*, alors que l'on peut en obtenir à un faible taux chez *T. urticae*.

Ces résultats nous ont paru susceptibles d'être exploités dans les méthodes de lutte biologique par utilisation de mâles stériles ou de mâles incompatibles. Nous avons entamé une autre série d'expériences destinées à amorcer l'exploitation de ces particularités de la reproduction.

### III. — ESSAIS D'APPLICATION DES PARTICULARITÉS DE LA REPRODUCTION

Nous venons de voir que la physiologie de la reproduction de *T. neocaledonicus* semblait favorable à l'utilisation des méthodes de lutte autocide. La production en masse de mâles ne pose pas de problèmes pour cette espèce à parthénogenèse arrhénotoque, mais que l'on stérilise les mâles ou que l'on emploie des mâles incompatibles, il faut dans les deux cas, obtenir des individus compétitifs avec les mâles de la souche à atteindre.

Nous avons essayé de vérifier les résultats précédents en les appliquant à des cas concrets, tout en abordant la question de la compétitivité des mâles.

#### A. — Lutte par utilisation de mâles stériles

La stérilisation des mâles de tétranyques peut être obtenue par irradiation aux rayons X ou aux rayons  $\gamma$ .

HENNEBERRY (1964), sur *T. urticae* et BEAVERS *et al.* (1971), sur *Panonychus citri* (MCGREGOR) ont déjà réalisé un certain nombre d'irradiations à différentes doses de rayons  $\gamma$ . Pour *T. neocaledonicus*, nous avons tenté un seul essai de stérilisation aux rayons X, à la dose de 41 kR (GUTIERREZ et VAN ZON, 1972). Ayant eu la possibilité d'utiliser la bombe au cobalt 60, du laboratoire des radio-isotopes de l'Université de Tananarive, nous avons commencé par effectuer quelques essais d'irradiation avant de nous intéresser au problème de la compétitivité des mâles irradiés vis-à-vis des mâles normaux.

#### 1. Irradiation de mâles aux rayons $\gamma$ .

##### a) Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : 80 jeunes femelles « white eye » élevées sur une feuille isolée sont fécondées par 20 mâles « wild » préalablement irradiés. Le nombre de mâles a été choisi de façon à respecter la sex-ratio des colonies de cette espèce dans la nature. Pour l'irradiation elle-même, de jeunes mâles, âgés d'un jour, sont exposés à une source radioactive de cobalt 60, débitant 1 500 R par minute. Tenant compte des résultats obtenus par HENNEBERRY (1964) et par BEAVERS *et al.* (1971), sur d'autres espèces, nous n'avons employé que des doses de 27, 31, 37 et 41 kR.

Mâles et femelles sont déplacés tous les jours sur une nouvelle feuille, les œufs sont comptés et élevés, de façon à analyser la composition de la descendance. Le fait

d'avoir utilisé des mâles du type « wild » et des femelles « white eye », nous permet de distinguer, dès leur naissance, les larves destinées à donner des mâles, de celles qui donneront des femelles : les mâles sont tous du type « white eye » ( $We$ ) tandis que les femelles sont toutes hétérozygotes ( $We^+We$ ).

b) *Résultats et discussion* (tabl. 6).

Les femelles ont pondu, en moyenne, un peu plus d'une trentaine d'œufs chacune et apparemment le taux d'irradiation n'a pas eu d'influence sur la quantité d'œufs déposés. On peut en tirer immédiatement la conclusion que toutes les femelles ont été, par conséquent, fécondées (GUTIERREZ et VAN ZON, 1972).

TABLEAU 6

*Effets sur la composition de la  $F_1$ ,  
de l'irradiation aux rayons  $\gamma$  de mâles de *T. neocaledonicus**

Parents  80 ♀ × 20 ♂ $WeWe$ $We^+$	$F_1$			
	Total des œufs déposés	Composition en %		
		♀ $We^+We$	♂ $We$	Œufs non viables
Dose d'irradiation des ♂				
0 kR	2 524	76,4	21,7	1,9
27 kR	2 683	10,4	25,6	64,0
31 kR	2 412	0,0	46,9	53,1
37 kR	2 793	0,0	42,3	57,7
41 kR	2 403	0,0	44,9	55,1

A 27 kR, la descendance comporte encore quelques femelles (10,4 p. 100) et une proportion de mâles, à peine supérieure à la normale (25,6 p. 100) tandis que nous obtenons un très fort pourcentage d'œufs non viables (64,0 p. 100).

Pour les doses de 31, 37 et 41 kR, la descendance ne comprend plus de femelles, le pourcentage d'œufs non viables diminue légèrement, mais celui des mâles augmente considérablement et dépasse 40 p. 100. Il est très probable que ces doses entraînent une atténuation de l'activité du sperme ou la destruction d'une partie des spermatozoïdes, si bien que la proportion d'œufs fécondés, tous non viables dans ce cas, n'est plus que de l'ordre de 50 p. 100.

Deux remarques sont à faire :

— A dose égale, les rayons  $\gamma$  ont une action plus marquée que les rayons X dont la longueur d'onde est plus grande. A 41 kR, aux rayons X, nous avons obtenu 21,4 p. 100 de mâles et 78,6 p. 100 d'œufs non viables alors qu'ici nous avons 44,9 p. 100 de mâles et seulement 55,1 p. 100 d'œufs non viables.

— Nous avons élevé jusqu'au stade adulte un certain nombre de larves issues

de l'essai à 27 kR. A partir de 80 femelles et de 20 mâles, nous avons obtenu une  $F_2$  composée de 2,2 p. 100 d'œufs morts, de 73,8 p. 100 de femelles et de 24,0 p. 100 de mâles, avec autant de mâles « wild » (12,6 p. 100) que de mâles « white eye » (11,4 p. 100) et autant de femelles hétérozygotes (35,6 p. 100) que de femelles « white eye » (38,2 p. 100). Par conséquent la composition de cette  $F_2$  est tout à fait comparable à la descendance de parents non traités, contrairement à ce qui a été observé chez *T. urticae* (HENNEBERRY, 1964) ou chez *P. citri* (BEAVERS *et al.*, 1971) même à dose plus faible.

## 2. Effets sur une souche, de l'introduction de mâles irradiés.

### a) Matériel et méthode.

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive.

— Méthode : sur un élevage de 80 jeunes femelles vierges du type « white eye », âgées d'un jour, nous déposons simultanément 20 jeunes mâles du type « wild » provenant directement d'un élevage d'œufs non fécondés et 20 jeunes mâles du même type, préalablement irradiés. Ceci revient à introduire dans une population comprenant la proportion normale de mâles et de femelles (80 ♀ pour 20 ♂), un nombre de mâles irradiés, équivalent au nombre de mâles existant.

Mâles et femelles sont déplacés tous les jours sur une nouvelle feuille, les œufs déposés, sont comptés et conservés jusqu'à leur éclosion de façon à déterminer la composition de la  $F_1$ . Comme précédemment, l'utilisation de la souche marquée permet la séparation des larves destinées à donner des mâles, de celles qui sont destinées à donner des femelles.

Nous avons effectué 5 expériences différentes, en faisant varier les doses d'irradiation des mâles de 0 à 41 kR.

### b) Résultats et discussion (tabl. 7).

Comme lors de la série d'essais précédents, les femelles pondent, en moyenne, une trentaine d'œufs chacune et le nombre d'œufs déposés varie relativement peu d'un traitement à l'autre.

Si la proportion de mâles, obtenue en  $F_1$ , est sensiblement la même dans tous les traitements, le nombre d'œufs non viables diminue régulièrement de 41,3 à 14,2 p. 100 lorsque les doses auxquelles ont été soumis les mâles introduits augmentent de 27 à 41 kR ; corrélativement, le nombre d'œufs fécondés et viables, augmente de 37,8 à 62, 8 p. 100 lorsque les doses passent de 27 à 41 kR.

L'amplitude des variations observées étant plus importante que celle que nous avons notée lors des tests précédents, il est probable que les mâles irradiés perdent de leur compétitivité lorsque les doses de rayons  $\gamma$  augmentent. A 27 kR, les mâles irradiés sont aussi compétitifs que les mâles normaux et la proportion de femelles en  $F_1$  est pratiquement diminuée de moitié par rapport au traitement 0, alors qu'elle remonte considérablement à 41 kR.

L'intervention de mâles stériles paraît donc intéressante puisqu'elle entraîne la formation d'un pourcentage appréciable d'œufs non viables. N'oublions cependant pas que cette opération doit se dérouler au moment de la sortie de jeunes femelles, ou plutôt juste avant, lorsqu'on observe le plus grand nombre de téliochrysalides dans la population à traiter. D'après nos résultats, il semble préférable d'irradier les mâles à une dose qui ne les stérilise pas complètement mais qui préserve leur

compétitivité. En fait, il serait nécessaire de recommencer cette dernière série d'expériences, avec plusieurs répétitions, de façon à préciser la dose, située entre 27 et 31 kR, à laquelle il faudrait irradier les mâles pour obtenir le maximum d'œufs non viables.

TABLEAU 7

*Effets sur une souche,  
de l'introduction de mâles irradiés à différentes doses de rayons  $\gamma$*

Parents			F <sub>1</sub>		
80 ♀ × (20 ♂ norm. + 20 ♂ irr.)	WeWe	We+	Total des œufs déposés	Composition en %	
Dose de rayons $\gamma$ utilisée pour l'irradiation des ♂	We+	We+		♀ We+We	♂ We
0 kR			2 637	78,7	19,7
27 kR			2 445	37,8	20,9
31 kR			2 710	45,0	17,3
37 kR			2 605	43,6	27,3
41 kR			3 127	62,8	23,0
					œufs non viables

B. — *Lutte par utilisation de mâles incompatibles  
ou lutte génétique sensu stricto*

Cette méthode de lutte implique l'existence de souches dont les mâles sont incompatibles avec les femelles de la souche que l'on veut atteindre, bien que l'accouplement ait normalement lieu (HELLE, 1969).

Au cours d'un travail précédent (GUTIERREZ et VAN ZON, 1972), nous avons trouvé dans le complexe *T. neocaledonicus* un certain nombre de souches incompatibles. Par exemple, les femelles de la souche Louisiane sont fécondées normalement par les mâles de la souche Ihosy, puisque le nombre d'œufs déposés après l'accouplement est comparable à celui des femelles fécondées, mais la composition de la F<sub>1</sub> révèle une très forte incompatibilité. Nous obtenons la proportion normale de mâles (15,8 p. 100), mais seulement 4,7 p. 100 de femelles et 79,5 p. 100 d'œufs morts. La F<sub>2</sub> et la F<sub>3</sub> que l'on a pu obtenir ont donné un très fort taux de femelles stériles ou dont la descendance n'est pas viable. C'est à partir de ces données que nous avons essayé de réaliser notre expérience.

a) *Matériel et méthode.*

— Matériel : souche Louisiane et la souche marquée qui en dérive, souche Ihosy.

— Méthode : nous comparons les résultats de 2 croisements faisant intervenir 80 jeunes femelles « white eye » et 20 jeunes mâles « white eye », avec en plus, dans

un cas 20 jeunes mâles « wild », dans l'autre cas, 20 jeunes mâles de la souche Ihosy. Les mâles et les femelles utilisés pour cet essai sont âgés d'un jour.

Les 40 mâles sont déposés simultanément au milieu des 80 femelles vierges, ceci revenant à introduire dans une population de souche Louisiane « white eye » comprenant la proportion normale de mâles et de femelles (80 ♀ pour 20 ♂) un nombre de mâles équivalent au nombre de mâles existant. Les mâles introduits sont, dans le premier cas parfaitement compatibles (« wild »), dans le second cas très fortement incompatibles (Ihosy). Mâles et femelles sont déplacés tous les jours, sur une nouvelle feuille. Les œufs sont comptés et élevés de façon à déterminer la composition de la descendance.

b) *Résultats et discussion* (tabl. 8).

TABLEAU 8

*Effet sur une souche (Louisiane « white eye »),  
de l'introduction d'une part de mâles compatibles (Louisiane « wild »)  
et d'autre part de mâles incompatibles (Ihosy)*

Parents		F <sub>1</sub>			
Population:	80 ♀ × 20 ♂ We We We	Total des œufs déposés	Composition en p. 100		
Types de ♂ ajoutés			♀ We+We	♀ WeWe	♂ We
20 ♂ Louisiane We <sup>+</sup>		2 441	33,2	48,6	17,0
20 ♂ Ihosy		2 574	2,1	17,2	16,7
					œufs non viables
					1,2
					64,0

Pour ces 2 expériences, le nombre total d'œufs déposés est du même ordre de grandeur, par contre, la composition des F<sub>1</sub> est totalement différente. Avec les mâles compatibles nous obtenons 81,8 p. 100 de femelles, 17,0 p. 100 de mâles et 1,2 p. 100 d'œufs non viables, tandis qu'avec les mâles de la souche Ihosy, nous n'avons que 19,3 p. 100 de femelles mais 16,7 p. 100 de mâles et 64,0 p. 100 d'œufs non viables.

Si l'on tient compte des résultats du croisement que nous avons fait entre les femelles de la souche Louisiane « white eye » et les mâles de la souche Ihosy utilisés seuls, en admettant de plus que les mâles d'Ihosy soient aussi compétitifs que ceux de la souche Louisiane, nous devrions obtenir 2,4 p. 100 de femelles hétérozygotes, 40 p. 100 de femelles homozygotes (We We) et environ 40 p. 100 d'œufs non viables. D'après les pourcentages du tableau 8, le nombre de femelles hétérozygotes est comparable à celui que l'on pouvait attendre ; par contre, nous trouvons environ 20 p. 100 d'œufs non viables en plus et corrélativement, 20 p. 100 de femelles homozygotes en moins. Les mâles d'Ihosy paraissent donc plus compétitifs que ceux de la souche Louisiane. On ne peut évidemment dire si ce sont les femelles qui exercent un choix ou si les mâles d'Ihosy présentent une plus grande agressivité. Il ne s'agit

pas, en tout cas, d'un handicap des mâles « white eye » puisque dans la première expérience, le nombre de fécondations imputables aux mâles « white eye » est égal sinon supérieur à celui qui est attribuable aux mâles « wild ».

Ce résultat est assez surprenant, car généralement, lors des mélanges de souches, les femelles sont fécondées, de préférence, par les mâles de même origine qu'elles (SMITH F. F. *et al.*, 1967 ; DIELEMAN et OVERMEER, *in litt.*).

Théoriquement, il aurait été plus intéressant de faire intervenir une souche complètement incompatible, c'est-à-dire ne donnant pas de femelles du tout. En réalité, dans le seul cas où nous n'avons pas pu obtenir de femelles, au cours de nos croisements préliminaires, la copulation ne se faisait pas ; si bien que les souches en question ne présentaient aucun intérêt, du point de vue lutte génétique.

Finalement, l'intervention de mâles incompatibles a eu, au cours de cette expérience, un effet plus marqué que celle des mâles stériles utilisés précédemment. Nous avons confirmation de la valeur et des possibilités d'application pratique d'une technique de lutte particulièrement élégante, lorsqu'on dispose d'une souche incompatible convenable.

## CONCLUSION

Les expériences réalisées sur la physiologie de la reproduction chez *T. neocaledonicus*, aboutissent à des résultats très proches de ceux obtenus précédemment par HELLE, sur *T. urticae*. Pour ces 2 espèces, les mâles peuvent féconder de façon décisive 5 à 10 femelles en quelques heures. Les doubles fécondations déjà moins fréquentes que chez *T. urticae* en laboratoire, ne se produisent cependant pratiquement jamais dans les conditions naturelles chez *T. neocaledonicus*.

Les particularités de la reproduction nous ont paru favorables à l'emploi des méthodes de lutte par intervention de mâles stériles ou de mâles incompatibles. L'utilisation de mâles stérilisés aux rayons  $\gamma$  nous a montré qu'il ne fallait pas employer de doses d'irradiations trop fortes, sous peine de diminuer l'activité du sperme et d'affecter la compétitivité des mâles traités. La compétitivité des mâles introduits est un facteur essentiel dans ce type de lutte biologique, car l'impossibilité des doubles fécondations est, en fait, une arme à double tranchant ; il faut intervenir avec des mâles compétitifs et au moment où naissent le plus de jeunes femelles dans la population à traiter.

La seule expérience de lutte génétique *sensu stricto* que nous avons tentée nous a donné des résultats plus spectaculaires que les 4 essais de lutte par utilisation de mâles stériles. Il semble que nous ayons eu la chance d'introduire des mâles très fortement incompatibles mais, surtout, plus compétitifs que les mâles de la souche traitée vis-à-vis des jeunes femelles.

Les techniques de lutte autocide pourraient être employées, au profit de cultures en serres et dans les zones de cultures florales ou maraîchères, dans lesquelles les populations de tétranyques sont souvent isolées et constituent des foyers de résistance aux insecticides. Les mâles que l'on veut introduire doivent être aussi résistants aux insecticides que les tétranyques à combattre, car en général on ne peut interrompre le calendrier des traitements dans ces types d'exploitation.



Dans tous les cas, il est aisé d'obtenir une grande quantité de mâles à partir de la souche à attaquer et de les irradier à un niveau convenable.

En lutte génétique, *sensu stricto*, en admettant que l'on trouve une souche dont les mâles soient complètement incompatibles avec la souche à traiter, il faudra encore conférer à ces acariens des facteurs de résistance aux insecticides, s'ils ne les ont pas au départ. La variabilité génétique, peu banale, des souches de tétranyques, fait que chaque intervention posera un problème particulier. On aura donc à mener toute une série de travaux dont les résultats sont aléatoires.

Finalement, nous pensons qu'en pratique, la technique de l'utilisation des mâles stériles, par sa mise en œuvre rapide, peut rendre davantage de services que la lutte génétique au sens strict.

Reçu pour publication en décembre 1972.

### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Mr. le Pr. J.-R. LE BERRE et Mr. le Dr W. HELLE pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous donner au cours de la mise au point de notre manuscrit.

Nous exprimons aussi, nos sincères remerciements à M. Bernardin ANDRIAMBINITSOLOMORA pour l'aide technique efficace qu'il nous a apportée au cours de l'exécution de ce travail.

### SUMMARY

#### EXPERIMENTS ON THE REPRODUCTIVE PHYSIOLOGY OF *TETRANYCHUS NEOCALEDONICUS* ANDRÉ (ACARI : TETRANYCHIDAE) AND EFFECTS ON THE POSSIBILITIES OF GENETIC CONTROL

Four series of experiments with *T. neocaledonicus*, using a marker strain, indicate a reproductive physiology nearly identical with that of *T. urticae*. Double mating seems to be even less frequent than with *T. urticae* and hardly effective under natural conditions.

Experiments to indicate the possibilities of control, were undertaken using both males sterilized by means of  $\gamma$  radiations and those belonging to an incompatible strain. The results show much promise and underline the decisive role of mating competitiveness. The introduction of incompatible males could be impressive but practical operation will need extensive preparatory research. Therefore, because of its greater simplicity, the sterile male technique may prove more economically attractive.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANWARULLAH M., 1963. Beiträge zur Morphologie und Anatomie einiger Tetranychiden (Acari, Tetranychidae). *Z. angew. Zool.*, **50**, 385-426.
- BEAVERS J. B., HAMPTON R. B., TOBA H. H., MORENO D. S., 1971. Some effects of gamma irradiation or the chemosterilant, Tepa, on the Citrus red mite and its progeny. *J. econ. Ent.*, **64** (1), 72-75.
- BLAUVELT W. E., 1945. The internal morphology of the common red spider mite (*Tetranychus telarius* L.). *Cornell Univ. agr. exp. Sta. Ithaca*, **270**, 3-46.

- BRAUD M., 1967. La nutrition minérale du cotonnier en culture sans sol. *Coton et fibres trop.*, **22** (3), 339-356.
- DOSSE G., LANGENSCHIEDT M., 1964. Morphologische, biologische und histologische Untersuchungen an Hybriden aus dem *Tetranychus urticae* komplex (Acari: *Tetranychidae*). *Z. angew. Ent.*, **54**, 349-359.
- FÉRON M., 1963. La lutte contre les insectes par les méthodes autocides. *Rev. Zool. agric. appl.* (4-6), 1-12.
- GUTIERREZ J., 1967. Contributions à l'étude morphologique et biologique de *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ, 1933 (Acarien: *Tetranychidae*) « araignée rouge » du cotonnier à Madagascar. *Coton et fibres trop.*, **22** (2), 183-195.
- GUTIERREZ J., VAN ZON A. Q., 1973. A comparative study of several strains of the *Tetranychus neocaledonicus* complex and sterilization tests of males by X-rays. *Ent. exp. appl.*, **16**, 123-134.
- HELLE W., 1965. Resistance in the Acarina: Mites. *Adv. Acar.* (2), 71-93.
- HELLE W., 1967. Fertilization in the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*: Acari). *Ent. exp. appl.*, **10**, 103-110.
- HELLE W., 1968. Parthenogenesis and insecticide resistance. *Med. Rijksfak. Land. Gent.*, **33** (3), 621-628.
- HELLE W., 1969. New developments towards biological control of the two-spotted spider mite by incompatible genes. *Public-O. E. P. P.*, Sér. A (52), 7-15.
- HENNEBERRY T. J., 1964. Effects of gamma radiation on the fertility of the two-spotted spider mite and its progeny. *J. econ. Ent.*, **57** (5), 672-674.
- SMITH F. F., BOSWELL A. L., WEBB R. E., 1967. Segregation between strains of carmine and green two-spotted spider mites. *Proc. 2nd intern. Cong. Acarol.*, Sutton Bonington, 1967, 155-159.
- SMITH J. W., BOUDREAUX H. B., 1972. An autoradiographic search for the site of fertilization in spider mites. *Ann. ent. Soc. Am.*, **65** (1), 69-74.
- VAN ZON A. Q., HELLE W., 1967. Linkage studies in the Pacific spider mite *Tetranychus pacificus*. I. Genes for pigmentless, white eye, stork and organophosphate resistance. *Ent. exp. appl.*, **10**, 69-74.
-

EXPÉRIENCES SUR LA PHYSIOLOGIE  
DE LA REPRODUCTION  
CHEZ *TETRANYCHUS NEOCALEDONICUS* ANDRÉ  
(ACARIENS : *TETRANYCHIDAE*) ET CONSÉQUENCES  
SUR LES POSSIBILITÉS DE LUTTE AUTOCIDE

J. GUTIERREZ

*Laboratoire d'Entomologie,  
Centre O. R. S. T. O. M. de Tananarive*

*Annales de Zoologie - Écologie animale*  
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
149, rue de Grenelle, 75007 Paris

14 NOV. 1973

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° - 6433 Ed. Ag.